
ВЕСТНИК

2010

УДМУРТСКОГО

№ 1

УНИВЕРСИТЕТА

АСТРОНОМИЯ
И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
ФИЗИКА

Научный журнал

Основан в марте 1991 г.

Удмуртский государственный университет

г. Ижевск

СОДЕРЖАНИЕ

От научного редактора

| | |
|--|-----|
| <i>Идельсон Н.И.</i> Галилей и астрономия | 3 |
| <i>Кондратьев Б.П., Антонов В.А.</i> Метод метрической вариации в приложении к различным динамическим системам | 24 |
| <i>Кондратьев Б.П.</i> Об одной неточности Исаака Ньютона | 40 |
| <i>Кондратьев Б.П., Трубицына Н.Г.</i> Фигуры равновесия компактных газопылевых туманностей в Галактике | 52 |
| <i>Кондратьев Б.П., Трубицына Н.Г.</i> Приливное влияние колец на центральные фигуры равновесия | 68 |
| <i>Трубицына Н.Г.</i> Фигура равновесия внутри двух гравитирующих колец | 82 |
| <i>Кондратьев Б.П., Антонов В.А.</i> Необходимость нелинейной квантовой механики | 86 |
| <i>Кондратьев Б.П., Антонов В.А.</i> О перспективах развития нелинейной квантовой механики | 106 |
| <i>Морозова Л.Е.</i> Об асимптотике квазиуровней двухчастичного дискретного оператора Шредингера | 112 |

Редакционный совет

Н. И. Леонов (главный редактор),
О. Г. Баранова (отв. редактор),
Л. М. Клименко (отв. секретарь)
С. Г. Морозов (техн. редактор)

Редакционная коллегия серии «Астрономия и математическая физика»

Черепашук А. М. – доктор физико-математических наук,
академик РАН (Москва)
Гребеников Е. А. – доктор физико-математических наук,
академик АНН (Москва)
Рябов Ю. А. – доктор физико-математических наук, профессор (Москва)
Кондратьев Б. П. – доктор физико-математических наук, профессор,
научный редактор (Ижевск)
Антонов В. А. – доктор физико-математических наук,
профессор (С.-Петербург)
Холшевников К. В. – доктор физико-математических наук, профессор,
академик РАЕН (С.-Петербург)
Бисноватый-Коган Г. С. – доктор физико-математических наук,
профессор (Москва)
Осипков Л. П. – кандидат физико-математических наук,
доцент (С.-Петербург)
Емельяненко В. В. – доктор физико-математических наук,
профессор (Челябинск)
Чубурин Ю. П. – доктор физико-математических наук,
профессор (Ижевск)
Трубицына Н. Г. – старший преподаватель,
ответственный секретарь (Ижевск)

Редакционно-издательский отдел

426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 4, ком. 336
телефон: 8 (3412) 916-015
<http://www.vestnik.udsu.ru>

Н. И. Идельсон

ГАЛИЛЕЙ И АСТРОНОМИЯ¹



На рубеже XVII столетия, точнее между 1590 и 1615 гг., две личности, обе грандиозной творческой силы и огромного темперамента, вступают на арену борьбы за коперниканское учение. В настоящее время нам, пожалуй, трудно сказать, кто из обоих современников — Кеплер (1571-1630) или Галилей (1564-1642) — сделал больше для утверждения новой астрономии; но если поставить вопрос, какие даты и моменты являются наиболее значительными в истории астрономии от появления «De Revolutionibus» Коперника (1543) и до «Математических начал» Ньютона (1687), то ответ может быть только один: это 1610 год, когда почти одновременно были изданы в Венеции «Sidereus nuntius» («Звездный вестник») Галилея, а в Праге «Astronomia nova» («Новая астрономия») Кеплера, и затем 1619 год, когда Кеплер опубликовал «Harmonices Mundi» («Гармония мира»), содержащую его «третий закон».

Галилей демонстрирует свой телескоп, показывает и разъясняет свои открытия в 1610-1612 гг. в Падуе, Венеции, Флоренции и в Риме; он по-

¹Из кн.: Идельсон Н. И. Эюды по истории небесной механики. М.: Наука, 1975. 496 с.

казывает их ученым и людям, которым «неясно, что Марс и Юпитер — планеты»; он дает свои разъяснения с тем лекторским талантом, о котором мы уже знаем. Восхищение его учеников и его слушателей, в том числе и римских кардиналов, все усиливается; число адептов новой астрономии растет. Сам Галилей пишет в одном месте: «Весьма многих мог бы я назвать последователей этой доктрины, хотя и не выступавших по ее поводу публично; они имеются в Риме, во Флоренции, Венеции, Падуе, Неаполе, Пизе, Парме и в других местах». Но одновременно с этим сгущается атмосфера в противоположном лагере, в лагере твердолобых схоластов (*vulgus philosophorum*), в стане догматиков, вообще всех, кому было интересно и выгодно держать закрытой от человека великую книгу природы — ту самую, которую, как мы знаем, Галилей считал всегда открытой перед ним, — и подменять ее книгами Писания и древних авторитетов, в которых католическая церковь видела тогда свою научную базу и основу.

В самом деле, им было от чего всполошиться: одно дело, когда фолиант Коперника, написанный на «boas», пылился па полках у эрудитов, и совсем другое — когда, например, толпы людей осаждают Sertini, думая, что он получил телескоп, или когда каждый может прочесть на родном языке «Письма о солнечных пятнах», насыщенные коперниканской доктриной. Или Галилей выбьет у них почву из-под ног, или же они расправятся с новым учением и прежде всего с ним самим. И вот до Галилея с разных сторон доходят сведения, что его положение осложняется; следовательно, он сам как человек действия должен искать какой-либо выход. Таких выходов могло быть только два: первый — это встать на точку зрения, высказанную еще Коперником в посвящении «*De revolutionibus*» папе Павлу III, а именно — что его система и Священное писание, если только правильно и непредубежденно толковать последнее, ни в каком противоречии не находятся; второй — пойти вслед за теми, кто продолжал считать, что задача астронома состоит в «спасении явлений» ценой каких угодно гипотез, но при условии не вдаваться в их сущность, т. е. не высказываться о действительных движениях Земли и светил. На такой позиции стоял, например, кардинал Беллармино (Bellarmino), игравший видную роль в коллегии иезуитов, в конгрегации инквизиции, в римской курии вообще. В одном весьма примечательном письме на имя патера P. Foscarini от 12/VI 1615 г. этот кардинал говорил, между прочим, следующее: «Мне кажется, что Вы и синьор Галилео поступили бы осторожно, если бы удовлетворились высказываниями предположительными (*ex suppositione*), но не абсолютными; так говорил, как я всегда думал, и Коперник. Действительно, когда утверждают, что в предположении, будто Земля движется и Солнце стоит неподвижно, все наблюдаемые явления спасаются лучше,

чем при задании эпициклов и эксцентров, то это прекрасно сказано и не включает в себе никакой опасности; а этого достаточно для математики; но когда начинают говорить, что Солнце в действительности (*realmente*) стоит в центре мира и что оно только вращается вокруг самого себя, но не движется с востока на запад и что Земля находится на третьем небе [третья по порядку планета от Солнца] и с большой скоростью вращается вокруг Солнца, то это вещь очень опасная и не только потому, что она раздражает всех философов и ученых богословов (*teologi ecclastici*), но и потому, что она вредит святой вере, поскольку из нее вытекает ложность Священного писания».

Едва ли возможно было в более яркой и отчетливой форме переложить слова Платона и Симплиция на язык кардинала из ордена иезуитов на рубеже XVII в. Однако эта точка зрения, бывшая необходимой и даже неизбежной в мышлении астрономов и философов Греции, в эпоху Галилея могла быть уже только лицемерием в стиле Осияндера. Галилей ощущал это чрезвычайно остро; в специальной записке «*Considerazioni circa l'opinione copernicana*» он доказывал, что задачей Коперника отнюдь не являлось формальное и гипотетическое «*salvare apparentias*», а утверждение действительной, реальной системы мира; в заключение статьи он говорит:

«Во всем, что касается остальных вопросов этой заслуживающей восхищения системы, всякий, кто пожелает ознакомиться с мнением самого Коперника, должен прочесть не пустые писания того, кто отдал книгу в печать (*una vana scrittura del stampatore*), но все произведение самого автора; тогда, без сомнения, он как бы рукой нащупает, что для Коперника неподвижность Солнца и движение Земли были положениями истиннейшими (*verissima*)».

Даже значительно позднее в «Диалоге», когда Галилею приходилось отчасти пользоваться «эзоповым языком», он устами Сальвиати издевается над астрономами, главная задача которых состоит в представлении наблюдаемых движений с помощью сочетания движений круговых, «мало заботясь о том, что при этом приходится допускать некоторые чудовищные положения, которые в других отношениях заключают в себе действительные трудности».

Таким образом, пойти за Беллармино Галилей в 1615 г. решительно не мог; поэтому он действенно стал на точку зрения Коперника и в ряде писем-посланий стремился разъяснить и этим убедить хотя бы культурнейших людей его эпохи в отсутствии неустранимых противоречий между коперниканской доктриной и Священным писанием. Так возникли его письма к Castelli (21/ХП 1613 г.), к кардиналу Pietro Dini (16/II 1615 г. и 23/III 1615 г.) и знаменитое письмо к герцогине-матери Христине Лота-

рингской. Все эти послания в то время напечатаны не были, они ходили по рукам в многочисленных списках. Написанные блестящим стилем Галилея, они удивляют нас теперь и той значительной богословской эрудицией, которою в них обнаруживает Галилей. Заметим кстати, что в письме к герцогине Христине, — по-видимому, одним из первых, — он высказывает ту мысль, что у науки есть область, где она независима и суверенна, где вмешательство богословия недопустимо:

«Предписывать, — говорит Галилей — самим профессорам астрономии, чтобы они своими силами искали защиты против их же собственных наблюдений и выводов, как если бы все это были один обман и софистика, означало бы предъявлять к ним требования более чем невыполнимые; это было бы все равно, что приказывать им не видеть того, что они видят, не понимать, того, что им понятно, и из их исследований выводить как раз обратное тому, что для них очевидно».

Так или иначе, каков бы ни был успех и значение писем Галилея, написанных им с этой новой позиции, его усилия напрасны. Уже с февраля 1615 г. в Риме тлеет тот процесс, который, как мы увидим, промчится ураганом над коперниканской доктриной в феврале-марте 1616 г. Этот процесс начинается с подготовки и проверки в инквизиции материалов, направленных лично против Галилея; тут были доносы двух доминиканцев (патеров Saccini и Lorini); допросы свидетелей во Флоренции; изучение богословом-экспертом письма Галилея к Castelli и т. д. На всех этих моментах мы останавливаться не будем, тем более что эта стадия процесса для самого Галилея последствий не имела. Течение процесса принимает более быстрый характер, когда сам Галилей в декабре 1615 г. появляется в Риме. Была ли его поездка в «вечный городе» на этот раз добровольной или вынужденной, судить трудно. Во всяком случае, для Галилея несомненно, что замышляется нечто серьезное; и кто может сказать — только ли против доктрины Коперника или вместе с ней и против него самого? И правда, разве у него нет оснований, чтобы тревожиться? Разве дым от костра, на котором сгорел в Риме шестнадцать лет тому назад Джордано Бруно, мог уже развеяться в сознании передовых людей Италии?

И все же среди этих тревог и волнений Галилей находит возможность и время направить послание к кардиналу Орсини «О приливах и отливах моря»; в этом письме (помеченном: «Рим, 6/I 1616») раскрывается заветная и сокровенная мысль Галилея — дать механическое доказательство движения Земли; через 15 лет это письмо составит самый нерв его «Диалога».

Однако же довольно скоро, в начале февраля, Галилей, пользуясь мощными связями, узнает, что может не волноваться лично за себя.

О том, что происходит дальше в инквизиции, мы сами можем судить теперь по документам (актам) так называемого «процесса 1616 года».

Мы находим в них прежде всего экспертизу одиннадцати богословов (в большинстве своем — доминиканцев) по двум основным положениям коперниканского учения; в ней доктора богословия, консультанты инквизиции, с молниеносной быстротой, со злобностью и легкостью мыслей необычайной, творя волю пославшего их, единогласно нашли, что учение Коперника «глупо, бессмысленно, формально, еретично и по меньшей мере ошибочно в отношении веры». Мы узнаем далее — и это центральный момент процесса 1616 г., — что уже через два дня после получения от экспертов заключения Галилей по приказанию папы Павла V был вызван во дворец кардинала Беллармино, и здесь 26 февраля 1616 г. этот кардинал «увещевал Галилея об ошибочности упомянутого учения и о том, чтобы он, Галилей, от этого учения отошел (*ut illam opinionem diserat*)», после чего патер-комиссар инквизиции «предписал и приказал ему от имени папы и всей конгрегации инквизиции, чтобы он упомянутое учение, а именно, что Солнце — центр мира и неподвижно, а Земля движется, совершенно оставил и его каким бы то ни было образом не придерживался, не преподавал и не защищал, словесно или письменно; иначе против него будет начато дело в инквизиции (*procederetur in Santo Officio*). С этим предписанием Галилей согласился и обещал повиноваться».

Далее, в тех же актах 1616 г. имеется протокол пленарного заседания конгрегации инквизиции в Ватикане в присутствии папы Павла V ; здесь кардинал Беллармино сообщил, что «математик Галилей, будучи предупрежден о приказании конгрегации инквизиции (*monitus di ordine*) отойти от учения, которого он до сих пор придерживался, именно, что Солнце есть центр сфер и неподвижно, а Земля движется, с этим согласился». На том же заседании папой был утвержден к опубликованию текст того декрета конгрегации индекса, который был издан ею 5/III 1616 г. Силой же этого декрета, являющегося заключительным моментом процесса 1616 г., бессмертная книга Коперника была, как мы помним, «задержана впредь до исправления» наряду с произведением мало кому тогда известного Дидака Астуника, в то время как написанное в «примиренческом» духе письмо Фоскарини было совершенно «запрещено и осуждено».

Таким образом, сведения, которыми располагал Галилей в начале февраля 1616 г., оказались правильными и достоверными; его личность, действительно, оказалась незатронутой; и что бы ни произошло во дворце Беллармино 26 февраля, — все равно это останется тайной между ним и инквизицией. Но в единственном опубликованном документе — в декрете конгрегации индекса от 5/III 1616 г. — не только не упомянуто имя Галилея,

но в перечне задержанных и осужденных книг ни его «Звездный вестник», ни его «Письма о солнечных пятнах» не значатся.

И тем не менее исход процесса 1616 г. есть жестокий удар — удар по самому Галилею прежде всего. Еще так недавно он писал герцогине Христине:

«Запретить Коперника теперь, после того, как в многочисленных наблюдениях и в исследованиях его труда учеными со дня на день все больше раскрывается истинность его утверждений и все более укрепляется его доктрина; запретить его после того, как его допускали в течение стольких лет, когда ему уделялось и меньше внимания, и меньше находили подтверждений,— это было бы, по моему мнению, преступлением против истины; это доказывало бы стремление прятать и уничтожать ее с тем большей силой, чем более она становится очевидной и ясной».

Но вот теперь именно это и произошло: из-за его собственных открытий, из-за того напряженного внимания, которое они вызывают, из-за той наглядной ясности, которую он внес в великую проблему мироздания, сделав ее заманчивой и доступной для значительно более широких общественных слоев, чем раньше, вся коперниканская доктрина объявлена под запретом; ему не дано больше права приводить доказательства в ее утверждение, например, развивать свои мысли о приливах. Для Галилея, как ученого, декрет от 5/III 1616 г. есть катастрофа, что бы ни говорил он сам и что бы ни говорили вокруг него.

Но более того, декрет от 5/III 1616 г. есть удар отнюдь не по одному Галилею; это суровое испытание, для науки и культуры в странах католицизма, где развитие новой астрономии приостанавливается приблизительно на 200 лет; где оно искусственно и умышленно задерживается для того, чтобы дать еще некоторое время безраздельно господствовать над умами представителям отживающих мировоззрений.

После зловещего 1616 года напряженность и самый характер творчества Галилея существенно меняются; на шесть-семь лет он умолкает совершенно, чего еще в жизни с ним не бывало; позднейшие же его выступления по астрономии носят в основном литературный характер; об его единственном открытии, сделанном после 1616 г., именно о либрации Луны, Галилей, как мы видели, ничего не сообщает вплоть до появления «Диалога» 1632 г.

Из литературно-полемических трудов Галилея в ту эпоху на первом месте стоит его знаменитый памфлет под названием «Пробирщик золота» («Il Saggiatore», 1623); основное его содержание — это едкая и местами исключительно остроумна полемика Галилея с его давнишними оппонентами — иезуитами, вызванная выступлением римского патера иезуита Grassi по вопросу о природе комет. В 1618 г., к изумлению всей Италии, к ужасу

всех суеверных, их появилось целых три! Галилей в это время был серьезно болен и сам комет не наблюдал, но, очевидно, решил не оставлять без возражений выпадов Grassi, направленных лично против него. Точка зрения Галилея была высказана его учеником Марио Джудуччи в речи, произнесенной в 1619 г. во Флорентийской академии. Здесь мы можем отметить только то, что взгляды Галилея по кометной проблеме не поднимались над общим уровнем эпохи и сейчас большого интереса не представляют. Если еще Пушкин мог говорить: «Как беззаконная комета в кругу расчисленном светил», то тогда, в начале XVII в. кометная проблема представляла собой просто клубок загадок, вокруг которых довольно беспомощно блуждали мысли астрономов.

Что такое кометы? Существуют ли они только пока видимы, или же как небесные тела они существуют от века до века? Где они появляются — в подлунном или надлунном мире? Как и куда направлены их движения? За соображениями Галилея по этим вопросам следить особенно трудно, потому что он, не высказывая их с полной определенностью, полемизирует со всеми авторитетами: с Аристотелем, с Тихо Браге (за которого держались иезуиты), с Кеплером. Особенно неприятно действует то, что Галилей не придает значения крупнейшим результатам, полученным в этом вопросе Тихо Браге, именно, что параллакс кометы 1577 г. оказался порядка $2'$, в то время как параллакс Луны $57'$, так что комету надлежало помещать в пространстве далеко в надлунную сферу. Но Галилей не считает доказанным, что кометы суть материальные тела, и потому отрицает значение этого результата; он говорит (устами Джудуччи): «Малость параллакса не может быть действительным аргументом в этом вопросе, пока не доказано, что кометы представляют собой не явления, вызванные отражением света, но суть объекты цельные, определенные, действительные, неизменные».

Для Галилея кометы — оптические явления, вызванные отражением солнечных лучей в испарениях, отделяющихся от Земли, и в поисках аналогий он художественно описывает картину тех длинных солнечных лучей, которые прорываются из-под кромки облаков, освещенных заходящим солнцем.

Таким образом, точка зрения Галилея есть один из вариантов так называемой оптической теории комет, весьма распространенной в XVII веке. Однако подчеркнем, что Галилей не выдает свои взгляды за окончательные: «Я никогда не утверждал,— говорит он, — что я определю условия происхождения комет, зная, что они могут возникать и такими способами, которые весьма далеки от всего, что мы можем вообразить».

Помимо кометных вопросов «Il Saggiatore» затрагивает массу других материй: здесь и спор Галилея с бессовестным плагиатором Simon'ом

Mario, пытавшимся присвоить себе приоритет открытия спутников Юпитера; вопросы о действиях телескопа, о самом понятии «увеличения»; о природе тепла и многое другое, что мы должны оставить вне поля нашего зрения; скажем только, что «Il Saggiatore» написан «по пунктам» (всего их 53) и что эта растянутая, почти непрерывная полемика действует на современного читателя, на наш взгляд, несколько утомительно, несмотря на блестящий стиль и силу аргументации. «Проклятые» вопросы, подпадающие под действие декрета от 5/III 1616 г., в нем старательно обходятся.

Напротив, эти вопросы снова встают во весь свой рост в послании Галилея к Франческо Инголи (Francesco Ingoli), написанном в сентябре 1624 г. Адресат послания, Инголи, был ученый богослов, полиглот и юрист из Равенны; во время пребывания Галилея в Риме в 1616 г. он направил Галилею послание под названием «Di situ et quietae Terrae contra Copernici Systema Disputatio» («Рассуждение о месте Земли и об ее неподвижности против системы Коперника»).

В ту пору Галилей оставил «Рассуждение» Инголи без ответа; но теперь, все еще продолжая верить в новые веяния в Риме, он вернулся к этой теме и написал свое возражение.

Значение этого послания к Инголи в развитии творчества Галилея огромно; оно содержит как бы краткий эскиз «Диалога», появившегося через восемь лет; в нем проходит вся основная аргументация «Диалога» и, между прочим, вся галилеева теория относительности. Послание начинается с вещей простых и элементарных: с объяснения понятий параллакса и его действия на наблюдаемые положения светил и т.п. Затем мало-помалу тематика послания явно перерастает уровень астрономического развития адресата: Галилей впервые оставляет здесь пределы Солнечной системы и начинает говорить — и притом значительно более определенно, чем в «Диалоге», — о звездах, о проблеме строения и размере Вселенной. Он пишет: «Неподвижные звезды светятся их собственным светом, так что ничто не мешает нам называть и считать их солнцами; они должны быть ярки, как Солнце, если же, однако, свет, исходящий от всех звезд в совокупности, и их видимая величина не достигают десятой части видимой величины Солнца и света, доходящего к нам от него, то единственной причиной этого являются их расстояния от нас».

Высказывать такие мысли означало приближаться существенно к мировоззрению Джордано Бруно, хотя — заметим это — имени его Галилей ни разу не упоминает ни в своей переписке, ни в трудах! Но где же тогда находятся во Вселенной эти бесчисленные, столь удаленные от нас солнца? Аристотель и Птолемей помещали их все в единую сферу, на так называемое «восьмое небо». Галилей согласиться с этим не может. «Но это столь

сомнительное утверждение, — говорит он, обращаясь к Инголи,— что ни Вы и никто другой не сможете доказать этого вовеки... оставаясь же в области допустимого и вероятного, я скажу,— продолжает он,— что среди любых четырех звезд, не говоря уже обо всех, не найдется и двух, одинаково удаленных от любой точки, которую вы пожелаете избрать во Вселенной».

Отсюда уже только один шаг к постановке вопроса о конечности или бесконечности мира; Галилей в послании к Инголи подходит к нему следующим образом:

«Разве вы не знаете, что до сих пор еще не решено (и я думаю, что человеческая наука никогда не решит), конечна ли Вселенная или бесконечна? Но если допустить, что она действительно бесконечна, как можете Вы утверждать, что размеры звездной сферы непропорциональны по сравнению с орбитой Земли, если сама эта сфера неподвижных звезд по отношению к Вселенной оказалась бы гораздо меньшей, чем пшеничное зерно по сравнению с ней... Что касается меня, то когда я рассматриваю мир, границы которому положены нашими внешними чувствами, я совершенно не могу сказать, велик он или мал; разумеется, я скажу, что он чрезвычайно велик по сравнению с миром дождевых и иных червей, которые, не имея других средств к его измерению, кроме чувства осязания, не могут считать его бóльшим того пространства, которое они сами занимают; и мне вовсе не претит мысль о том, что мир, границы которому положены нашими внешними чувствами, может оказаться столь же малым по отношению к Вселенной, как мир червей по отношению к нашему миру».

Самое представление о том, что Вселенная — в прямом противоречии с тем, чему учил Аристотель,— может оказаться актуально бесконечной, отнюдь не страшит Галилея.

В «Диалоге» он устами Сальвиати бросает замечание: «Можно еще спорить о том, существует ли вообще в природе центр мира, так как ни Вами [Симпличио] и никем другим никогда не было доказано, что мир конечен и имеет определенную форму, или же, напротив, что он бесконечен и безграничен».

Затем, через пятнадцать лет после послания к Инголи, Галилей снова возвращается к той же проблеме; в одном из писем он говорит:

«Весьма тонкие доводы представляются нам в пользу того и другого мнения [конечен ли мир или нет]; но в моем сознании ни те, ни другие не ведут к обязательному заключению, так что я остаюсь в нерешимости, какое из этих двух положений правильно; во всяком случае одно мое личное рассуждение заставляет меня склоняться больше к решению о бесконеч-

ности, чем к ограниченности мира: действительно, я не знаю, каков он, и не могу вообразить его ни ограниченным, ни безграничным, а так как бесконечное по своему существу (*ratione sui*) не может быть постигнуто нашим ограниченным интеллектом, что не имеет места по отношению к конечному и ограниченному пределами,— ту самую невозможность познания я должен отнести к непознаваемой бесконечности мира, но не к его ограниченности, так как для последней оснований к непознаваемости не требуется».

Таковы более поздние попытки Галилея логически обосновать решение фундаментальной космологической проблемы, им впервые поставленной в неопубликованном послании к Инголи; он и в этом трудном вопросе не шел по стопам того или иного авторитета, а искал самостоятельные решения. Вот почему мы выделяем здесь этот основной вопрос из всего содержания послания; разумеется, этим оно не исчерпывается; многое будет повторено, многое дополнено в «Диалоге». Галилей, заканчивая свое послание, говорит: «Вы увидите, что все эти вопросы будут рассмотрены значительно более подробно, если только у меня останется достаточно времени и сил, чтобы довести до конца мое рассуждение о приливах и отливах моря где, приняв за гипотезу те движения, которые приписываются Земле, я получаю широкую возможность исследовать все, что было написано по этому вопросу».

Так постепенно мы подошли к произведению Галилея, венчающему все его творчество по астрономии: это и есть «Диалог о двух системах», вышедший в 1632 г. с девятилетним перерывом после появления «*Il Saggiatore*». Полное заглавие этой знаменитой книги длинно и сложно:

«Диалог Галилео Галилея [академика] Линчео, экстраординарного математика университета в Пизе, философа и старшего математика Его Светлости Великого Герцога Тосканского, где в собраниях, четыре дня продолжающихся, ведутся рассуждения о двух наиболее выдающихся системах мира, Птолемеевой и Коперниканской, причем неопределительно предлагаются доводы столько же для одной из них, сколько и для другой».

В такую форму оказалось облеченным произведение, над которым Галилей размышлял едва ли меньше тридцати лет. Несомненно, в него вошли и те доказательства истинности коперниканского учения, о которых Галилей писал Кеплеру еще в 1597 г.; это во всяком случае есть та книга «О Системе мира», которую он обещал читателю в своем «*Sidereus nuncius*» в марте 1610 г. и о которой он писал два месяца спустя во Флоренцию государственному секретарю *Belisario Vinta*: «Труды, которые мне предстоит довести до конца, суть прежде всего две книги «*De Systemate seu constitutione Universi*» («О системе или строении Вселенной»), огромный

замысел, исполненный философии, астрономии, геометрии»; о нем же под названием «Рассуждения о приливах и отливах» говорится, как мы видели, в конце послания к Инголи (1624).

По письмам Галилея известно, что тогда же, в 1624 г., он решил придать своему сочинению форму диалога о приливах и отливах; с этого момента за его работой над книгой можно следить по переписке почти что из года в год. В конце 1629 г. книга была закончена, за исключением «церемониального введения» и некоторых деталей; затем начались перипетии, связанные с разрешением книги к печати, во время которых Галилею пришлось изменить предполагаемое заглавие и предпослать тексту еще «Предисловие к благосклонному читателю» («Al discreto Lettore»), едва ли им самим полностью составленное и во всяком случае действующее весьма неприятно на современного нам читателя. Однако все эти моменты теснейшим образом переплетаются с процессом Галилея 1632–1633 гг. Изучение его стоит вне плана настоящей статьи, в силу чего на всех этих моментах мы не останавливаемся.

Естественно, что после декрета 5/III 1616 г. Галилей не мог уже выступать открытым защитником коперниканской доктрины; но он, «этот упрямый Галилей», по меткому слову Пушкина, либо вообще не хотел считаться с процессом 1616 г., либо принимал за чистую монету прием, оказанный ему в Риме в 1624 г., либо слишком доверчиво отнесся к сообщению его любимого ученика Castelli в письме от 16/III 1630 г. о том, будто папа Урбан VIII сказал: «Это [запрещение Коперника] никогда не было нашим намерением, и если бы зависело от нас, тот декрет не был бы издан».

Так или иначе, решив еще раз выступить со своим *sede* перед миром, Галилей мог сделать это теперь только с некоторой новой позиции; та, которую он выбрал, не есть целиком точка зрения Осияндера–Беллармино: «Спасайте явления какой угодно ценой, но только не затрагивайте их сущность»; такая нота если и звучит в «Диалоге», то чрезвычайно слабо. Теперь, как в «Послании к Инголи», так и в предисловии к «Диалогу» Галилей становится на национально-религиозную точку зрения. Да, учение Коперника теперь под запретом в Италии и в странах католицизма; но пусть не думают иные, и прежде всего протестанты, что это произошло лишь потому, что в Риме не в состоянии понять и изучить доктрину Коперника, что там царит темнота и ослепление; нет, эрудиция и таланты живы и в Италии. Итальянский ученый должен прежде всего изучить и понять до конца это учение, он не может оставлять без ответа невежественные утверждения, выдаваемые за научные опровержения Коперника.

Вероятно по той же причине, чтобы облегчить себе высказывания в пользу новой астрономии, наряду с неизбежной уже теперь аргументаци-

ей против нее, Галилей и придал своей книге форму диалога. Участники диспута могли придерживаться любой точки зрения; затем, эта форма открывала перед автором возможность проявить во всем блеске свое искусство вести диспут, нарисовать красочные образы участников спора и, наконец, создать несколько характерных, близких к комическим положений (известно, что и драматическое творчество было не чуждо Галилею).

Место действия «Диалога» — «изумительный город Венеция», эта жемчужина Адриатики, где над паутиной каналов сохранились все архитектурные стили начиная от XI—XII веков; где не только развивается великая художественная школа — обоих Беллини, Джорджони, Тициана, но где с незапамятных времен существует знаменитый арсенал, работой которого коммерческий гений венецианцев утверждал свое морское владычество; куда столько раз из Падуи наезжал и сам Галилей в счастливые и далекие уже годы его падуанской профессуры.

И вот теперь в Венеции, во дворце Сагрето, стены которого и до сегодняшнего дня отражаются в зеленоватых волнах *Canalia Grande*, ежедневно собираются для беседы трое людей. Один из них — личность, измысленная Галилеем, возложившим на нее нелегкую задачу быть представителем и защитником школы Аристотеля и Птолемея — фактически быть их последним защитником; имя его Симпличио, оно созвучно с именем знаменитого комментатора Аристотеля, но — увы! — оно же каждым итальянцем воспринимается прежде всего в его прямом смысле — «простак». Двое других — это тени галилеева прошлого. Один из них носит имя Сагрето; это умерший еще в 1620 г. друг Галилея, венецианский консул в Леванте, тот самый, который в 1611 г. предупреждал его относительно превратностей придворной службы и опасности жить там, где еще в силе иезуиты. Другой — Сальвиати — был учеником Галилея в Падуе и сохранил затем с ним искреннюю дружбу; он умер в 1614 г. во время путешествия в Испанию.

Галилей от своего имени, естественно, не выступает. Его точку зрения в беседах и спорах — диалогах развивает Сальвиати. Сагрето очень быстро все усваивает, иногда дополняет, Симпличио возражает. Когда же речь заходит о самом Галилее, о его открытиях, то о нем упоминают под именем «*Academio Linceo*» или просто «*Academio*», иногда «наш общий друг» и т. п.

Беседы их составляют толстую книгу, около пятисот страниц *in quarto*. За эту книгу — этот злосчастный «Диалог» — Галилей, в возрасте семидесяти лет, будет отвечать на инквизиционном следствии и притом один раз под прямой угрозой пытки — угрозой, которая не может и не должна устрашить его, если он добрый католик; за нее же он будет приговорен к заключению в тюрьмах инквизиции. Он прочтет и подпишет перед глаза-

ми жадной до зрелищ толпы унизительною формулу отречения (22 июня 1633 г.). Но именно с этого момента «Диалог» трех собеседников войдет в историю культуры не только как одно из замечательных произведений итальянской литературы и мировой науки, но и как книга, отмеченная печатью личных страданий автора, как символ борьбы передовой науки с обветшалыми доктринами, не сдающими без боя своих последних позиций...

Перелистывая теперь эту книгу, читатель сразу же убедится в том, что в нее, как мощные пласты, вошли почти все предыдущие произведения Галилея: прежде всего «*Sidereus nuncius*», затем очень важный, написанный в молодости, но не опубликованный «Трактат об ускоренном движении» («*De motu accelerato*»), «Письма о солнечных пятнах», «Послание к Инголи», «Послание к кардиналу Орсини о приливах и отливах» — одним словом, все творчество Галилея от 1590 до 1625 г. Оно развито здесь в очень немногих направлениях, но объединено одной великой целью: представить не только астрономические, но и механические доводы в доказательство коперниканской системы, выслушать и разбить, — оставаясь в неизбежных уже рамках формальной объективности, — те возражения, которые может выдвинуть старая школа устами Симплицио.

Беседы длятся четыре дня, и соответственно дискутируются четыре основные темы. Первая: между Землей и небесными телами нет столь существенных и прямых различий, чтобы предположение о возможных движениях Земли было принципиально неприемлемым; вторая: одно из этих движений, именно суточное вращение, не только имеет астрономически значительную долю вероятности, но оно оказывается совместимым с законами движения тел у земной поверхности, третья: другое движение Земли — годовое обращение вокруг Солнца — неизбежно подсказывается всей совокупностью наблюдаемых астрономических явлений; наконец, четвертая: оба эти движения, взятые вместе, вызывают как следствие определенное механическое явление, наблюдаемое на Земле, — это приливы и отливы моря. Изучая его, мы и получим, как думает Галилей, завершающее механическое доказательство всей коперниканской системы.

Но эта архитектоника «Диалога», столь стройная и целостная в ее общем плане, далеко не всегда выдерживается в беседах и спорах. Участники диалога случается уходят в сторону от той или другой темы, затем решают к ней вернуться, нередко повторяются и об одних и тех же явлениях без видимой необходимости рассуждают дважды. Еще Декарт отметил, что все эти отступления довольно тягостно действуют при чтении книги. Однако для современного читателя, и в первую очередь для астронома, главная особенность, пожалуй, даже странность, «Диалога» заключается

в ином.

Галилей представляет все положение вещей так, как будто для перехода к системе Коперника достаточно принять несколько круговых орбит с Солнцем в их общем центре и дать каждой из планет равномерное движение по соответствующей окружности. Но при этом он оставляет без внимания основную характеристику планетных движений, именно их неравномерность. Она была раскрыта, как мы помним, еще греками. Кроме того, греческим астрономам удалось в сложном видимом движении планет выделить два неравенства: первое — соответствующие неравномерности движения планет в их орбитах и второе — прямые и обратные движения планет, их стояния и т. п. Именно в этом и состояло одно из крупнейших математических достижений древней астрономии.

Чтобы учесть оба эти «неравенства», Птолемей, помещая Землю в центре, вводил в свою систему эксцентры, эпициклы и экванты. Коперник, полагая в центре движений Солнце, устранял этим второе «неравенство»; но первое, разумеется, оставалось, и учет его потребовал у Коперника введения столь сложного аппарата, как и у Птолемея; поэтому Коперник принужден был пользоваться эпи-эпициклами, эксцентр-эпициклами или эксцентрами эксцентра.

Эту основную трудность всех планетных теорий Галилей игнорирует в «Диалоге» совершенно; точно так же игнорирует он и то окончательное решение планетной задачи, которое было дано Кеплером. Больше чем за двадцать лет до появления «Диалога» Кеплер установил в «*Astronomia nova*» (1610) применительно к планете Марс, что орбита ее есть эллипс, в одном из фокусов которого находится Солнце, и что скорость планеты в любой точке ее орбиты обратно пропорциональна длине перпендикуляра, опущенного из этого фокуса на касательную к эллипсу в той его точке, где находится планета (так называемый закон площадей). На все эти чрезвычайно важные обстоятельства Галилей в «Диалоге» закрывает глаза. Только один раз, уже в самом конце книги, Сальвиати довольно неожиданно начинает говорить о том, что Солнце одну половину орбиты проходит на девять дней скорее, чем другую (вспомним Калиппа!). Но, продолжает он, имеет ли место при прохождении меньших частей орбиты равномерное или неравномерное движение, «этого до сих пор еще не установили, быть может, и не исследовали». В связи с этими уже совершенно непонятными словами высказывалось мнение, что Галилей вовсе и не читал «*Astronomia nova*» Кеплера. Однако с этим довольно трудно согласиться, так как в том же месте «Диалога» говорится о Марсе, «который так мучает современных астрономов».

Все это можно бы пытаться объяснить тем, что Галилей имел в виду

дать в «Диалоге» отнюдь не ученый трактат по астрономии, но что верный своему девизу быть понятным возможно более широким кругам, он создавал здесь одну из первых научно-популярных книг. Действительно, во всем "Диалоге" нет ни одной формулы, а численные данные и результаты вычислений приводятся крайне редко и скупо. Но, на наш взгляд, причина этих странностей лежит не в этом и даже не в общем расхождении установок Галилея и Кеплера, а значительно более глубоко: равномерные круговые движения играли, как мы сейчас увидим, столь важную роль в механических построениях Галилея (именно тех, которые он развивает в «Диалоге», но о которых уже не будет речи в его классических «Беседах о двух новых отраслях знаний», 1636), что порвать с этой схемой Галилей принципиально не мог. Однако из одних равномерных обращений по круговым орбитам теорию планетных движений создать невозможно, тем менее возможно построить планетные таблицы. Между тем еще в 1627 г., т. е. за пять лет до появления «Диалога», Кеплер издал свои знаменитые «Рудольфины» («Tabulae Rudolphinae», Ulm, 1627); то были планетные таблицы, основанные на кеплеровых же законах движения. Таким образом, по странной иронии судьбы, планетные схемы Галилея оказались в таком же отношении к теории Кеплера, в каком схема концентрических сфер Евдокса — Калиппа — Аристотеля находилась к построениям и таблицам «Альмагеста».

В чем же состоит отличие между основными механическими началами, которые Галилей развивает в своем «Диалоге» и в «Беседах»? В последних Галилей излагает («День третий» и «День четвертый») теорию равноускоренного движения, в частности законы падения тел, исключительно в применении к явлениям земным. Вообще, в «Беседах» об астрономии речи уже не могло быть и ее нет; все, что он здесь говорит, безошибочно и классично и по праву вызвало восхищенную оценку, которую Лагранж дал этим открытиям Галилея. Но в «Диалоге» механика была впервые призвана сыграть некоторую космическую роль. Но для этого еще не настало время!

В самом начале «Диалога» Галилей, борясь со странными динамическими воззрениями Аристотеля, излагает устами Сальвиати открытия «нашего академика» о движении тел, падающих с высоты вертикально вниз или по наклонной плоскости. Он устанавливает, что скорость, приобретенная телом на одинаковой высоте, в обоих случаях равна (и это есть первое применение закона живых сил); он развивает положение о том, как увеличивается время падения по мере уменьшения наклона плоскости; затем, когда ему остается только перейти к пределу, Галилей высказывает следующее неожиданное положение:

«Но движение по линии горизонтальной, которая не опускается и не поднимается, есть круговое движение вокруг центра; следовательно, круговое движение никогда естественным образом не может быть приобретено без предшествующего [прямолинейного] движения; но, будучи однажды приобретено, оно продолжается вечно (*perpetuamente*) с неизменной скоростью».

Мы будем называть этот своеобразный принцип Галилея «началом космической инерции»; пользуясь им, Галилей представляет себе упорядоченную систему мира как строй планет, движущихся по круговым орбитам с постоянной скоростью; прямолинейное движение является как бы регулятором этого порядка; оно превращает мир из хаоса в космос.

«Согласно этому я заключаю,— продолжает Сальвиати,— что только круговое движение естественным образом соответствует тем телам природы, которые входят как составная часть во Вселенную, когда они находятся в порядке совершенном; но прямолинейное движение предназначается природой для ее тел и их частей в крайнем случае тогда, когда они оказываются не на месте, расположенные с нарушением порядка, и когда требуется привести их кратчайшим образом к их естественным местам».

Таким образом, не гармония чисел или звуков статически отображается в мире; его бытие как космоса есть равномерное круговое движение его частей. Совершенно естественно, что при такой космологической схеме переход к неравномерным движениям, в частности к кеплеровым эллипсам, был для Галилея закрыт совершенно; в этом, по нашему мнению, и заключается причина той странности и особенности «Диалога», о которой сказано выше. Но это положение вещей появилось не вследствие каких-либо отвлеченных, философских концепций Галилея; напротив того, оно возникло потому, что он, следуя своему призванию механика и инженера, стал немедленно же применять найденные им законы движения тяжелых тел к мировой материи в целом. Но в этих приложениях его «принцип космической инерции», который, как некий Янус, одним ликом был обращен к Аристотелю, а другим к Ньютону, неизбежно должен был сыграть весьма тяжкую роль. Приведем два примера.

Одно из самых глубоких открытий Галилея, которое мы назовем теперь принципом относительности классической механики, изложено им в «Диалоге». Этот принцип выражен здесь не в виде формул и теорем, а в виде красочного описания явлений, происходящих в закрытой каюте под палубой корабля. В этой каюте в разных направлениях летают бабочки; рыбки в маленьком бассейне плавают в разные стороны; капли воды падают вертикально на подставку из отверстия в сосуде; два человека играют в мяч, сообщая ему одинаковую скорость, но в разных направлениях и т.

п. Галилей пишет: «После того, как вы внимательно пронаблюдаете все эти явления, пока корабль остается на месте, дайте ему движение с какой угодно скоростью; и тогда, *если только движение его равномерно и он не отклоняется ни в ту, ни в другую сторону*, вы не обнаружите ни малейшего изменения во всех указанных явлениях, и ни по одному из них вы не сможете судить, движется ли корабль или стоит на месте».

Из подчеркнутых нами слов Галилея видно, что мы несколько не узурпируем историю и не модернизируем Галилея, когда называем теперь галилеевыми (или инерциальными) осями всякую систему осей, движущихся в пространстве равномерно и прямолинейно. Но здесь, к нашему удивлению, обнаруживается, что тот раздел «Диалога», где приведено это замечательное предложение, дан с такой пометкой на полях книги: «Опыт, который один доказывает ничтожность всех тех [опытов], какие приводятся против движения Земли». Таким образом, Галилей применяет принцип относительности к явлениям на вращающейся Земле; он считает, очевидно, «инерционным» всякое движение, сообщаемое Землей телам, находящимся на ее поверхности. Поэтому многочисленные примеры, рассматриваемые на протяжении «Второго дня», — падение груза с высокой мачты, стрельба из орудия как горизонтально по разным направлениям, так и вертикально и др., и все те рассуждения, которыми Галилей опровергает доводы Птолемея о том, что вращающаяся Земля обгоняла бы предметы, брошенные с ее поверхности, или отставала от них и т. д., — все это получается как бы не на месте и может восприниматься современным механиком только с весьма существенными оговорками.

Другой пример. Галилей как практик отдавал себе вполне ясный отчет о проявлении центробежной силы там, где речь идет о предметах, вращаемых на шнуре, выбрасываемых из быстро вращаемой трубки и т. п. Хотя формула для центробежного ускорения была дана не Галилеем, а несколько позднее Гюйгенсом, тем не менее в соответствующих местах «Диалога» имеется ряд весьма важных положений, например, о прямолинейном движении вращаемого тела по касательной к окружности в точке отрыва. Но как только возникает вопрос о телах, находящихся на Земле, Галилей оставляет в стороне эти простые и ясные соображения; с помощью довольно сложных умозаключений, в которых фигурируют бесконечно малые величины различных порядков, он пытается доказать, что вес тела, как бы он ни был мал, превышает действие центробежной силы и лишает тело возможности оторваться от Земли; когда же речь идет о небесных телах, то самая мысль о том, что и в их движении может проявляться действие центробежной силы, Галилею кажется нелепой: «Разве не говорят философы, что Луна и другие планеты не падают, потому что их удерживает

скорость их движения. О, что за глубокие соображения!»

В манускриптах Леонардо да Винчи, начертанных его знаменитыми письменами «в зеркальном отображении» (*a rovescio*), имеется такая запись: «*La luna densa e grave, come sta, la Luna?*» — Луна, плотная и тяжелая, на чем она держится, эта Луна?

На этот вопрос, поставленный задолго до Галилея, грядущим поколением астрономов космическая механика Галилея, как мы видим, никакого ответа не дает; история науки будет ждать этого ответа еще около полустолетия, пока, наконец, гением Ньютона двуликий принцип инерции Галилея будет выправлен до конца и на этой почве будет достигнут синтез механики земной, созданной Галилеем, и механики небесной, незывлемое начало которой положил Кеплер.

Оставаясь в том же плане механических построений Галилея, мы переходим теперь к его попытке дать одновременное, «по необходимости истинное», доказательство обоих движений Земли, основанное на теории приливов. Над этим явлением Галилей размышлял очень давно, что видно из упомянутого выше его письма к *Belisario Vinta* от 7/V 1610 г.: среди мелких работ, им законченных, там указывается сочинение «*De maris aestu*» («О приливе моря»). Помимо этого, когда Галилей сообщал Кеплеру еще в 1597 г., что он «записал много доказательств» коперниканского учения, то таким могла являться только теория приливов, так как все прочие доказательства, приводимые в «Диалоге», основаны на телескопических открытиях Галилея и, следовательно, в 1597 г. ему еще известны не были.

Окончательное выражение своим мыслям о приливах Галилей дал, как было упомянуто, в 1616 г. в Риме, изложив его в «Послании к кардиналу Орсини». Теория, которую он здесь излагает, не подкреплена, да и не могла быть подкреплена в ту пору, какими-либо численными выкладками и результатами; она есть просто некоторая механическая интуиция; и хотя в данном случае эта интуиция обманула Галилея, тем не менее им была поставлена здесь вполне правильная и осмысленная задача, решение которой (никем еще до конца не проведенное) могло бы иметь в других случаях известное значение.

Считая, что принцип относительности устраняет возможность обнаружить движение Земли при помощи опытов над движением твердых тел, Галилей, естественно, приходит к выводу, что только «жидкие массы на земной поверхности, имеющие на ней столь большое распространение и не так тесно связанные с земным шаром, как его твердые составные части, одни только и могут дать нам указание о том, движется ли Земля или находится в состоянии покоя».

Рассмотрим поэтому движение жидкой частицы; она участвует во вра-

щении Земли, так что направление ее скорости (относительно неподвижных звезд) через каждые 12 часов меняется на обратное; вместе с тем эта же частица участвует и в годичном движении Земли, направленном в течение суток все время в одну сторону; поэтому, если в данный момент обе эти скорости параллельны между собой, то через 12 часов они будут направлены антипараллельно, и в первом случае абсолютная скорость частицы будет равна сумме, во втором - разности скоростей. Таким образом, в течение суток величина и направление абсолютной скорости жидкой частицы непрерывно меняются: ее движение будет ускоренным или замедленным. В силу этого движение воды в каком-либо морском бассейне (в особенности если он расположен в направлении параллели земного шара) будет в общих чертах таким же, какое мы наблюдаем, например, в трюме большой барки, когда движение ее ускоряется или замедляется. «При ускоренном движении,— говорит Галилей,— вода несколько поднимается у кормы и опускается у носа, а затем мало-помалу приходит к подчинению движения всего вместилища и уже совершенно не меняет уровня, пока движение его происходит спокойно и равномерно». При замедленном движении происходят обратные явления.

Таким образом, периодические ускорения и замедления движения воды служат причиной основного, полусуточного прилива, максимумы которого отделены двенадцатичасовыми промежутками.

Такова основная схема галилеевой теории приливов; хотя в условиях Земли она совершенно не соответствует действительности, но считать ее ошибочной и механически неприемлемой, разумеется, нельзя. Напротив того, для истории гидромеханики весьма интересны некоторое соображения, которые попутно развивает Галилей. Так, он отчетливо владеет понятием собственного периода колебаний бассейна; к главной причине колебаний с периодом в 12 часов присоединяется, действуя против нее, еще другая: «Эта последняя,— говорит Галилей,— зависит от собственного веса воды и соответственно длине и глубине вместилища обладает временем колебаний в 1, 2, 3 или 4 часа и т. д.; действуя против первой причины, она возмущает ее и устраняет ее действие, не давая воде возможности дойти до предела или даже до середины соответствующего движения ...от такого противопоставления действий явления прилива и отлива или совершенно уничтожатся или будут значительно затемнены». Аналогично Галилей описывает явления биений в колебаниях бассейна: «Если вторичное действие имеет свой период, например в 5 часов, то в некоторых случаях первичное и вторичное действие будет согласованно давать импульсы в одну и ту же сторону, и при таком соединенном и, так сказать, едином их устремлении приливы будут велики... в противоположных случаях движе-

ния воды будут ослаблены и море приведено к состоянию спокойствия и почти полной неподвижности».

Из этих немногих ссылок становится очевидным, что галилеева теория приливов (на дальнейших развитиях и осложнениях которой здесь нет оснований останавливаться) есть чисто динамическая схема явления, основанная исключительно на учете инерции вод океана. «Выведенная из состояния равновесия,— образно говорит Галилей,— вода не только будет стремиться вернуться к нему, но, увлекаемая собственным импульсом, пройдет через это состояние, поднимаясь в той части, где она стояла ниже всего; но и здесь вода не остановится, а снова вернется обратно; многими повторениями этих перемещений вода укажет нам, что она как бы вовсе не желает сразу вернуться от полученной ею скорости движения к отсутствию таковой».

Соответственно этой основной установке теория Галилея исключает действие какой бы то ни было приливообразующей силы; возможность действия таких сил Галилей отрицает решительно и с некоторым затаенным гневом. От его имени Сальвиати говорит: «Признать, что тут действуют Луна и Солнце и что они вызывают подобные явления,— все это совершенно претит моему рассудку». Он усматривает, что движение морей есть местное явление, ощущаемое нашими чувствами (*sensato*) и происходящее в огромных количествах воды: «Мой рассудок не может приспособиться к тому, чтобы подписаться под действием света, темперированного тепла или возбуждения явлений через скрытые качества (*qualita occulte*) и прочими тому подобными бреднями; все это не только не является, но и не может явиться причиной прилива; скорее уже обратно, прилив в мозгах ведет здесь к этой болтовне и крикливым суждениям, а не к размышлениям над более глубокими явлениями природы и к их исследованиям».

В этих словах Галилей объявляет войну той доктрине средневековья, которая, как мы видели выше, приписывала приливы таинственному влиянию Луны, доктрине, за которой шел и Кеплер.

Все это характерно для понимания исходных установок Галилея; для него мир рационален; больше того, он «осязаем»; в нем нет скрытых влияний, нет дальностей; как в планетной теории, так и в теории приливов для пояснения космоса, его бытия и, может быть, даже его происхождения, по Галилею, достаточно задаться материей, ее равномерными круговыми движениями и их регулятором — движениями прямолинейными, равнозамедленными или равноускоренными.

Все эти схемы Галилея оказались, однако, только эскизом космической механики, не нашедшей подтверждения и оправдания в наблюдении и опыте.

Ньютон в единой формуле дальнего действия, над раскрытием сокровенного смысла которой человеческая мысль работает и по настоящее время, объединил законы движения планет, их спутников и комет, приливы вод океана; при этом явление приливов оказалось обусловленным именно притяжением Луны; сила притяжения теперь снова появилась как орудие познания природы, будучи очищена от той таинственной окраски, которую наложило на нее мистическое мышление средних веков и которая так отталкивала Галилея.

С этого момента сделалось очевидным, что галилеево одновременное доказательство двойного движения Земли несостоятельно и что его теория приливов может в лучшем случае служить для пояснения некоторых частных явлений, каким оно наблюдается на Земле.

Таким образом, космическая механика Галилея оказалась не в состоянии решить стоявших перед нею задач; в переходе же от нее к диаметрально противоположной небесной механике Ньютона, являющейся применением закона всемирного тяготения к планетной системе, диалектика развития нашей науки проявила себя во всей своей непреложной необходимости.